



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101957185 B

(45) 授权公告日 2012. 02. 01

(21) 申请号 201010281172. 2

(22) 申请日 2010. 09. 14

(73) 专利权人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁路 28 号

(72) 发明人 郭俊杰 邵伟 周阿维 贾天玖

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 汪人和

(51) Int. Cl.

G01B 11/27(2006. 01)

审查员 安晶

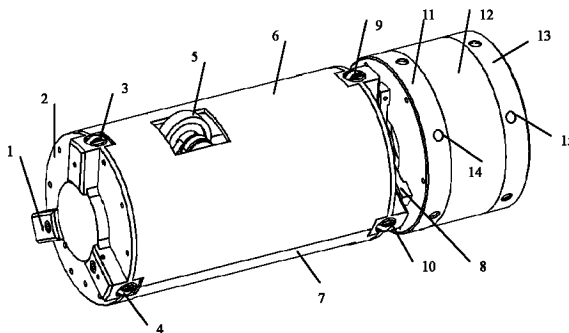
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种基于自校正的深孔轴线直线度测量装置及其测量方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于自校正的深孔轴线直线度测量装置及其测量方法,该测量装置包括筒状的行走机构以及设置于行走机构前端的自定心旋转机构,本发明通过行走机构和自定心旋转机构实现了大测量范围,为较深内孔的精度校验提供了有效的技术手段;并且本发明采用的自定心旋转机构采用激光回转的原理实现内截面圆的连续扫面,有效减少了误差来源,提高了测量精度。此外本发明的测量装置可以在很短的时间之内完成测量,有效节省了测量时间、并且操作简单,易用性好,可以利用处理器协同处理数据实现测量的自动化。



1. 一种基于自校正的深孔轴线直线度测量装置,其特征在于:包括筒状的行走机构以及设置于行走机构前端的自定心旋转机构,所述行走机构包括基座(7)以及分别设于基座(7)两端的前、后轮轮毂(8、2),所述前后轮轮毂(8、2)的外周缘上均匀分布有径向向外的可调滚动支撑机构,所述基座(7)上设有一行走驱动机构,所述行走驱动机构包括一行走摩擦轮(5)和行走电机(16),所述行走摩擦轮(5)通过轮轴设置在筒状的行走机构中部的筒壁位置并以轴向为转动向,所述行走电机(16)驱动行走摩擦轮(5)转动,所述行走电机(16)的轴端设有位移编码器(37),所述基座(7)上还设有位移信息处理器(17),所述位移信息处理器(17)连接有无线发送器(39),所述位移信息处理器(17)还与位移编码器(37)连接;所述自定心旋转机构包括筒状自定心基座(12)以及分别同轴设置在自定心基座(12)前后两端的盘状自定心第二支撑座(13)和自定心第一支撑座(11),所述自定心第二支撑座(13)和自定心第一支撑座(11)的外缘上分别均匀分布有径向的自定心前滚动支撑(15)和自定心后滚动支撑(14),所述自定心第一支撑座(11)的后侧中心位置设置有激光发生器(24),所述自定心旋转机构的后端还设有旋转驱动机构,所述旋转驱动机构与行走机构连接。

2. 根据权利要求1所述的基于自校正的深孔轴线直线度测量装置,其特征在于:所述前后轮轮毂(8、2)的外周缘上均匀分布设有三套可调滚动支撑机构,所述可调滚动支撑机构包括径向导向筒(37),所述导向筒(37)由底部至上口依次设有偏心轴(1)、滑块(28)和回转轴(29),所述回转轴(29)设置在滑块(28)上端,且回转轴(29)上设有伸出所述前后轮轮毂(8、2)的外周缘的滚动支撑轮;所述偏心轴(1)轴向设置并伸出导向筒(37),偏心轴(1)通过回转位置的变化实现滑块(28)沿导向筒(37)的移动,安装在径向滑块(28)上端的回转轴(29)带动滚动支撑轮实现径向移动。

3. 根据权利要求1所述的基于自校正的深孔轴线直线度测量装置,其特征在于:所述行走驱动机构还包括有行走电机支架(20)、带轮(19)和皮带(18);所述行走电机(16)通过行走电机支架(20)固定在基座(7)上,所述行走电机(16)通过带轮(19)和皮带(18)驱动所述行走摩擦轮(5)。

4. 根据权利要求1所述的基于自校正的深孔轴线直线度测量装置,其特征在于:所述旋转驱动机构包括带动架(21)、轴承(23)、变速从动齿轮(22)、变速主动齿轮(25)、旋转电机(27)和旋转电机支架(26),所述旋转电机(27)通过旋转电机支架(26)固定在行走机构的基座(7)上,所述变速主动齿轮(25)设于旋转电机(27)输出轴上,所述带动架(21)、轴承(23)以及变速从动齿轮(22)依次同轴安装在自定心第一支撑座(11)的后端,所述轴承(23)的外圈固定在行走机构的前轮轮毂(8)上;所述旋转电机(27)通过变速主动齿轮(25)、变速从动齿轮(22)和带动架(21)驱动自定心旋转机构转动。

5. 根据权利要求4所述的基于自校正的深孔轴线直线度测量装置,其特征在于:所述带动架(21)与自定心第一支撑座(11)通过轴向贯穿的拨叉(30)连接。

6. 根据权利要求1所述的基于自校正的深孔轴线直线度测量装置,其特征在于:所述基座(7)上方设置有一弧形的上防护罩(6),所述上防护罩(6)于行走摩擦轮(5)位置设有穿过孔。

7. 一种基于权利要求1所述装置的深孔轴线直线度误差测量方法,其特征在于,具体包括以下步骤:

1) 首先将工件固定在工作台上,并在工件的端口外设置接收处理器(36);
 2) 调整行走机构前后轮轮毂(8、2)上的可调滚动支撑机构与工件内壁紧密接触;
 3) 采集信号,开动行走机构和旋转驱动机构以及装置里的激光发生器(24),使测量装置在工件里一边走一边旋转,此时位移信息处理器(17)一边从安装在行走电机(16)轴端的位移编码器(37)中读取位移信息,一边通过无线发送器(39)实现位移的发送;同时激光器发出的激光在接收处理器(36)的CCD传感器上形成光圈,此时接收处理器(36)一边采集CCD传感器(40)上的图像信息,一边通过无线接受器(42)接收位移信息处理器(17)中的无线发送器(39)发出的位移信息;

4) 数据处理,当接收处理器(36)接收信号完成后,对位移信息和图像信息分别进行处理得到内孔壁每一截面圆心的数据 $P_i(x_i, y_i, z_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$, 然后求得被测内孔的直线度误差。

8. 根据权利要求7所述的深孔轴线直线度误差测量方法,其特征在于,步骤4)中,通过以下过程求得被测内孔的直线度误差:

第一步:将数据 $P_i(x_i, y_i, z_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$, 分别向 XOZ 和 YOZ 轴向截面内投影;

第二步:分别将 XOZ 和 YOZ 轴向截面内投影的数据代入以下公式求得直线公式为 $y = f(x) = a+bx$ 的系数 a 和 b, 然后分别计算投影数据到直线的最大距离, 该最大距离分别为 f_y 和 f_x ;

第三步:则实际轴线直线度误差等于 $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$ 。

9. 根据权利要求8所述的深孔轴线直线度误差测量方法,其特征在于,按照以下公式计算系数 a 和 b:

$$a = \frac{\sum x_i y_i \sum x_i - \sum y_i \sum x_i^2}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2}, \quad b = \frac{\sum x_i \sum y_i - n \sum x_i y_i}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2}。$$

一种基于自校正的深孔轴线直线度测量装置及其测量方法

技术领域

[0001] 本发明属于光电检测技术领域,涉及深孔直线度的测量,尤其涉及一种用于深孔轴线直线度的测量装置及其测量方法。

背景技术

[0002] 直线度测量是几何量计量领域最基本的项目,它是平面度、平行度、垂直度、同轴度等几何量测量的基础。直线度测量也是机械制造业中非常重要的内容,与尺寸精度、圆度和粗糙度同称为影响产品质量的4大要素。深孔轴线直线度检测是深孔类零件加工过程中的一个重要组成部分,是对深孔零件进行质量控制和管理的重要手段,是贯彻质量标准的技术保证。深孔轴线直线度测量对于工业生产及产品的合理使用有着极其重要的意义,尤其是对于武器工业,轴线直线度是一个非常重要的指标,它直接影响深孔类武器的命中精度。

[0003] 目前,国内外深孔轴线直线度测量采用较多的方法有:激光准直法、圆度法、杠杆法等。其中激光准直法,以准直激光束的能量中心作为测量基准,激光器发出的激光经过准直后射向可以在深孔中移动的测量元件,测量元件感知深孔被测截面实际中心位置的变化,其上装有的 CCD 可实时得到相应的图像,经图像处理后可获得各被测截面实际的圆心位置,再经直线度评定即可获得深孔的轴线直线度,此方法原理简单,设备简单,精度较高,但测量对象受硬件尺寸的影响较大,对于细长的深孔,此法很难实现。圆度法是逐次测量每一径向固定间距截面的外圆柱面或内圆柱面的圆度,经数据处理得到该截面的圆心位置,再进行评定,此方法也存在对被测对象要求较高的缺点,且其精度较低。对于杠杆法,测量时深孔在工作台上移动,测量元件感知被测截面圆心位置的变化,并通过杠杆反映给千分表进行读数,此方法属于近似测量,且其测量精度不高,测量设备笨重。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服上述现有技术的缺点,提供一种基于自校正的深孔轴线直线度测量装置及其测量方法,该装置采用激光回光的原理,并经过合理的结构设计,配合其测量方法可以方便地实现深孔轴线直线度校验工作。

[0005] 本发明的目的是通过以下技术方案来解决的:

[0006] 该种基于自校正的深孔轴线直线度测量装置,包括筒状的行走机构以及设置于行走机构前端的自定心旋转机构,所述行走机构包括基座以及分别设于基座两端的前、后轮轮毂,所述前后轮轮毂的外周缘上均匀分布有径向向外的可调滚动支撑机构,所述基座上设有一行走驱动机构,所述行走驱动机构包括一行走摩擦轮和行走电机,所述行走摩擦轮通过轮轴设置在筒状的行走机构中部的筒壁位置并以轴向为转动向,所述行走电机驱动行走摩擦轮转动,所述行走电机的轴端设有位移编码器,所述基座上还设有位移信息处理器,所述位移信息处理器连接有无线发送器,所述位移信息处理器还与位移编码器连接;所述自定心旋转机构包括筒状自定心基座以及分别同轴设置在自定心基座前后两端的盘状自

定心第二支撑座和自定心第一支撑座,所述自定心第二支撑座和自定心第一支撑座的外缘上分别均匀分布有径向的自定心前滚动支撑和自定心后滚动支撑,所述自定心第一支撑座的后侧中心位置设置有激光发生器,所述自定心旋转机构的后端还设有旋转驱动机构,所述旋转驱动机构与行走机构连接。

[0007] 上述前后轮轮毂的外周缘上均匀分布设有三套可调滚动支撑机构,所述可调滚动支撑机构包括径向导向筒,所述导向筒由底部至上口依次设有偏心轴、滑块和回转轴,所述回转轴设置在滑块上端,且回转轴上设有伸出所述前后轮轮毂的外周缘的滚动支撑轮;所述偏心轴轴向设置并伸出导向筒,偏心轴通过回转位置的变化实现滑块沿导向筒的移动,安装在径向滑块上端的重转轴带动滚动支撑轮实现径向移动。

[0008] 上述行走机构还包括有行走电机支架、带轮和皮带;所述行走电机通过行走电机支架固定在基座上,所述行走电机通过带轮和皮带驱动所述行走摩擦轮。

[0009] 上述旋转驱动机构包括带动架、轴承、变速从动齿轮、变速主动齿轮、旋转电机和旋转电机支架,所述旋转电机通过旋转电机支架固定在行走机构的基座上,所述变速主动齿轮设于旋转电机输出轴上,所述带动架、轴承以及变速从动齿轮依次同轴安装在第一支撑座的后端,所述轴承的外圈固定在行走机构的前轮轮毂上;所述旋转电机通过变速主动齿轮、变速从动齿轮和带动架驱动自定心旋转机构转动。

[0010] 进一步,上述带动架与第一支撑座通过轴向贯穿的拨叉连接。

[0011] 上述基座上方设置有一弧形的上防护罩,所述上防护罩于行走摩擦轮位置设有穿过孔。

[0012] 基于以上所述的测量装置,本发明还提出一种深孔轴线直线度误差测量方法,具体包括以下步骤:

[0013] 1) 首先将工件固定在工作台上,并在工件的端口外设置接收处理器;

[0014] 2) 调整行走机构前后轮轮毂上的可调滚动支撑机构与工件内壁紧密接触;

[0015] 3) 采集信号,开动行走机构和旋转驱动机构以及装置里的激光发生器,使测量装置在工件里一边行走一边旋转,此时位移信息处理器一边从安装在行走电机轴端的位移编码器中读取位移信息,一边通过无线发送器实现位移的发送;同时激光器发出的激光在接收处理器的 CCD 传感器上形成光圈,此时接收处理器一边采集 CCD 传感器上的图像信息;一边通过无线接受器接收位移信息处理器中的无线发送器发出的位移信息;

[0016] 4) 数据处理,当接收处理器接收信号完成后,对位移信息和图像信息分别进行处理得到内孔壁每一截面圆心的数据 $P_i(x_i, y_i, z_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$, 然后求得被测内孔的直线度误差。

[0017] 进一步的,上述步骤 4) 中,通过以下过程求得被测内孔的直线度误差:

[0018] 第一步:将数据 $P_i(x_i, y_i, z_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$, 分别向 XOZ 和 YOZ 轴向截面内投影;

[0019] 第二步:分别将 XOZ 和 YOZ 轴向截面内投影的数据代入以下公式求得直线公式为 $y = f(x) = a+bx$ 的系数 a 和 b, 然后分别计算投影数据到直线的最大距离, 该最大距离分别为 f_y 和 f_x ;

[0020] 第三步:则实际轴线直线度误差等于 $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$ 。

[0021] 进一步,以上第二步中,按照以下公式计算系数 a 和 b:

$$[0022] \quad a = \frac{\sum x_i y_i \sum x_i - \sum y_i \sum x_i^2}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2} \quad b = \frac{\sum x_i \sum y_i - n \sum x_i y_i}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2}$$

[0023] 本发明具有以下几点有益效果：

[0024] 1) 通过行走机构和自定心旋转机构实现了大测量范围,为较深内孔的精度校验提供了有效的技术手段；

[0025] 2) 本发明采用的自定心旋转机构采用激光回转的原理实现内截面圆的连续扫面,有效减少了误差来源,提高了测量精度；

[0026] 3) 本发明的测量装置可以在很短的时间之内完成测量,有效节省了测量时间；

[0027] 4) 本发明操作简便、易用性好。利用处理器协同处理数据,能够实现测量的自动化。

附图说明

[0028] 图 1 为本发明的基于自校正的深孔轴线直线度测量装置结构示意图；

[0029] 图 2 为本发明的自行走机构示意图；

[0030] 图 3 为本发明的自定心机构示意图；

[0031] 图 4 为本发明的可调滚动支撑机构示意图；

[0032] 图 5 为本发明的带动架机构示意图；

[0033] 图 6 为本发明的测量系统示意图；

[0034] 图 7 为本发明的位移信息处理器系统示意图；

[0035] 图 8 为本发明的接收处理器系统示意图。

[0036] 其中的标号分别表示：1、后轮偏心轴,2、后轮轮毂,3、后轮第一滚动支撑轮,4、后轮第二滚动支撑轮,5、行走摩擦轮,6、上防护罩,7、基座,8、前轮轮毂,9、前轮第一滚动支撑轮,10、前轮第二滚动支撑轮,11、自定心第一支撑座,12、自定心基座,13、自定心第二支撑座,14、自定心后滚动支撑,15、自定心前滚动支撑,16、行走电机,17、位移信息处理器,18、皮带,19、带轮,20、行走电机支架,21、带动架,22、变速从动齿轮,23、轴承,24、激光发生器,25、变速主动齿轮,26、旋转电机支架,27、旋转电机,28、滑块,29、回转轴,30、拨叉,31、弹簧,32、行走机构,33、自定心旋转机构,34、激光,35、工件,36、接收处理器；37、导向筒。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图对本发明做进一步详细描述：

[0038] 图 1 为本发明的基于自校正的深孔轴线直线度测量装置结构示意图,它包括筒状的行走机构 32 以及设置于行走机构 32 前端的自定心旋转机构 33 (参见图 6)。以下分别详细介绍行走机构 32 和自定心旋转机构 33 的具体结构：

[0039] 行走机构 32

[0040] 参见图 2,行走机构 32 包括基座 7 以及分别设于基座 7 两端的前、后轮轮毂 8、2,并且该前后轮轮毂 8、2 的外周缘上均匀分布有径向向外的可调滚动支撑机构,在本发明的较优方案中,前后轮轮毂 8、2 的外周缘上均匀分布设有三套可调滚动支撑机构,如图 4 所示,该可调滚动支撑机构包括径向固定于轮毂上的敞口型导向筒 37,导向筒 37 由底部至上

口依次设有偏心轴 1、滑块 28 和回转轴 29, 回转轴 29 设置在滑块 28 上端, 且回转轴 29 上设有伸出前后轮轮毂 8、2 的外周缘的滚动支撑轮 (如图 1 中的后轮第一滚动支撑 3, 后轮第二滚动支撑 4, 前轮第一滚动支撑轮 9 和前轮第二滚动支撑轮 10)。偏心轴 1 轴向设置并伸出导向筒 37, 偏心轴 1 通过回转位置的变化实现滑块 28 沿导向筒 37 的移动, 安装在径向滑块 28 上端的上回转轴 29 带动滚动支撑轮实现径向移动, 从而实现滚动支撑与工件内壁紧密接触实现后定位。

[0041] 所述基座 7 上设有一行走驱动机构, 行走驱动机构包括一行走摩擦轮 5 以及用于驱动行走摩擦轮 5 的驱动机构, 行走摩擦轮 5 通过轮轴设置在筒状的行走机构中部的筒壁位置并以轴向为转动向, 驱动机构包括有行走电机 16、行走电机支架 20、带轮 19 和皮带 18; 行走电机 16 通过行走电机支架 20 固定在基座 7 上, 行走电机 16 通过带轮 19 和皮带 18 驱动行走摩擦轮 5 转动, 行走电机 16 的轴端设有位移编码器 37, 基座 7 上还设有位移信息处理器, 位移信息处理器 17 连接有无线发送器 39, 位移信息处理器 17 还与位移编码器 37 连接。为了保护基座 7 上的各设备, 在基座 7 上方设置有一弧形的上防护罩 6, 该上防护罩 6 于行走摩擦轮 5 位置设有穿过孔, 以便行走摩擦轮 5 能够顶在待测工件的内壁上驱动整个测量装置行走。

[0042] 综上所述, 本发明的行走机构 32 通过后轮轮毂 2 上的后轮偏心轴 1 调整行走机构的后轮第一滚动支撑 3 和后轮第二滚动支撑 4 与工件内壁紧密接触实现后定位, 通过前轮轮毂 8 上的前轮偏心轴调整行走机构的前轮第一滚动支撑 9 和前轮第二滚动支撑 10 与工件内壁紧密接触, 然后通过行走电机支架 20 上的行走电机 16 带动带轮 19 旋转, 从而通过皮带 18 带动行走摩擦轮 5 在工件内壁上作纯滚动带动整个测量装置沿待测工件的内孔轴线向前运动, 同时位移信息处理器 17 计算位移并无线发送, 从而实现轴线方向的运动和距离测量。

[0043] 自定心旋转机构 33

[0044] 参见图 3, 自定心旋转机构包括筒状自定心基座 12 以及分别同轴设置在自定心基座 12 前后两端的盘状自定心第二支撑座 13 和自定心第一支撑座 11, 自定心第二支撑座 13 和自定心第一支撑座 11 的外缘上分别均匀分布有径向的自定心前滚动支撑 15 和自定心后滚动支撑 14, 自定心第一支撑座 11 的后侧中心位置设置有激光发生器 24, 该激光发生器 24 发出的激光由自定心旋转机构的中心向前射出, 自定心旋转机构的后端还设有旋转驱动机构, 该旋转驱动机构与行走机构连接。该旋转驱动机构包括带动架 21、轴承 23、变速从动齿轮 22、变速主动齿轮 25、旋转电机 27 和旋转电机支架 26, 旋转电机 27 通过旋转电机支架 26 固定在行走机构的基座 7 上, 变速主动齿轮 25 设于旋转电机 27 输出轴上, 带动架 21、轴承 23 以及变速从动齿轮 22 依次同轴安装在自定心第一支撑座 11 的后端, 轴承 23 的外圈固定在行走机构的前轮轮毂 8 上; 旋转电机 27 通过变速主动齿轮 25、变速从动齿轮 22 和带动架 21 驱动自定心旋转机构转动。该带动架 21 与自定心第一支撑座 11 通过轴向贯穿的拨叉 30 连接。带动架 21 旋转的同时通过拨叉 30 带动自定心第一支撑座 11 旋转, 而自定心第一支撑座 11 带动自定心旋转机构 33 旋转。设置在自定心第一支撑座 11 的外缘上的自定心后滚动支撑 14 的安装关系如图 5 所示, 在自定心第一支撑座 11 的外缘周壁上设置一个盲孔, 在盲孔内设置弹簧 31, 弹簧 31 将自定心后滚动支撑 14 顶在盲孔口, 这样可以使弹簧 31 推动自定心后滚动支撑 14 紧贴被测工件内壁, 实现自动定心。

[0045] 综上所述,本发明的自定心旋转机构 33 的实现是通过自定心基座 12 连接的自定心第一支撑座 11 上的自定心后滚动支撑 14 和自定心第二支撑座 13 上的自定心前滚动支撑 15 共同实现内孔壁的定心。安装在旋转电机支架 26 上的旋转电机 27 的带动变速主动齿轮 25 旋转,变速主动齿轮 25 带动变速从动齿轮 22 旋转,然后通过带动架 21 带动通过自定心基座 12 连接的自定心第一支撑座 11 上的自定心后滚动支撑 14 和自定心第二支撑座 13 上的自定心前滚动支撑 15 共同实现被测工件的内孔壁的定心装置旋转,实现内孔壁的自动扫描。

[0046] 图 7 为本发明的位移信息处理器 17 系统示意图,处理器 CPU38 一边从位移编码器 37 中读取位移信息,一边通过无线发送器 39 实现位移的发送。

[0047] 图 8 为本发明的接收处理器系统示意图,处理器 CPU41 一边从 CCD 传感器中读取图像信息,一边通过无线接受器 42 实现对无线发送器 39 的位移信息的接收。同时对位移信息和图像信息分别进行处理得到内孔壁每一截面圆心的数据 (x_i, y_i, z_i) , 然后通过最小区域法拟合数据 (x_i, y_i, z_i) , 最终获得被测内孔的直线度误差。

[0048] 利用图 1 所示的基于自校正的深孔轴线直线度测量装置的具体测量方法如下,测量系统示意图如图 6 所示。

[0049] 1) 首先将工件固定在工作台上,并在工件的端口外设置接收处理器 36;

[0050] 2) 调整行走机构前后轮轮毂 8、2 上的可调滚动支撑机构与工件内壁紧密接触;

[0051] 3) 采集信号,开动行走机构和旋转驱动机构以及装置里的激光发生器,使测量装置在工件里一边行走一边旋转,此时位移信息处理器 17 一边从安装在行走电机 16 轴端的位移编码器 37 中读取位移信息,一边通过无线发送器 39 实现位移的发送;同时激光器发出的激光在接收处理器 36 的 CCD 传感器上形成光圈,此时接收处理器 36 一边采集 CCD 传感器 40 上的图像信息;一边通过无线接受器 42 接收位移信息处理器 17 中的无线发送器 39 发出的位移信息;

[0052] 4) 数据处理,当接收处理器 36 接收信号完成后,对位移信息和图像信息分别进行处理得到内孔壁每一截面圆心的数据 $P_i(x_i, y_i, z_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$, 然后通过以下过程求得被测内孔的直线度误差。

[0053] 第一步:将数据 $P_i(x_i, y_i, z_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$, 分别向 XOZ 和 YOZ 轴向截面内投影;

[0054] 第二步:分别对 XOZ 和 YOZ 轴向截面内投影的数据代入以下公式求得直线公式为 $y = f(x) = a+bx$ 的系数 a 和 b, 具体按照以下公式求取系数 a 和 b:

$$[0055] \quad a = \frac{\sum x_i y_i \sum x_i - \sum y_i \sum x_i^2}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2} \quad b = \frac{\sum x_i \sum y_i - n \sum x_i y_i}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2}$$

[0056] 然后分别计算投影数据到直线的最大距离,该最大距离分别为 f_y 和 f_x ;

[0057] 第三步:则实际轴线直线度误差等于 $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$

[0058] 综上所述,本发明的基于自校正的深孔轴线直线度测量装置及其测量方法的一个优点是通过对行走机构和自定心旋转机构实现了大测量范围,为较深内孔的精度校验提供了有效的技术手段,另外本发明采用的自定心旋转机构采用激光回转的原理实现内截面圆的连续扫描,有效减少了误差来源,提高了测量精度,除此之外,本发明的测量装置可以在很

短的时间之内完成测量,可以节省时间,并且这种装置整体结构简单、零件数目少、装配容易,操作简便、易用。

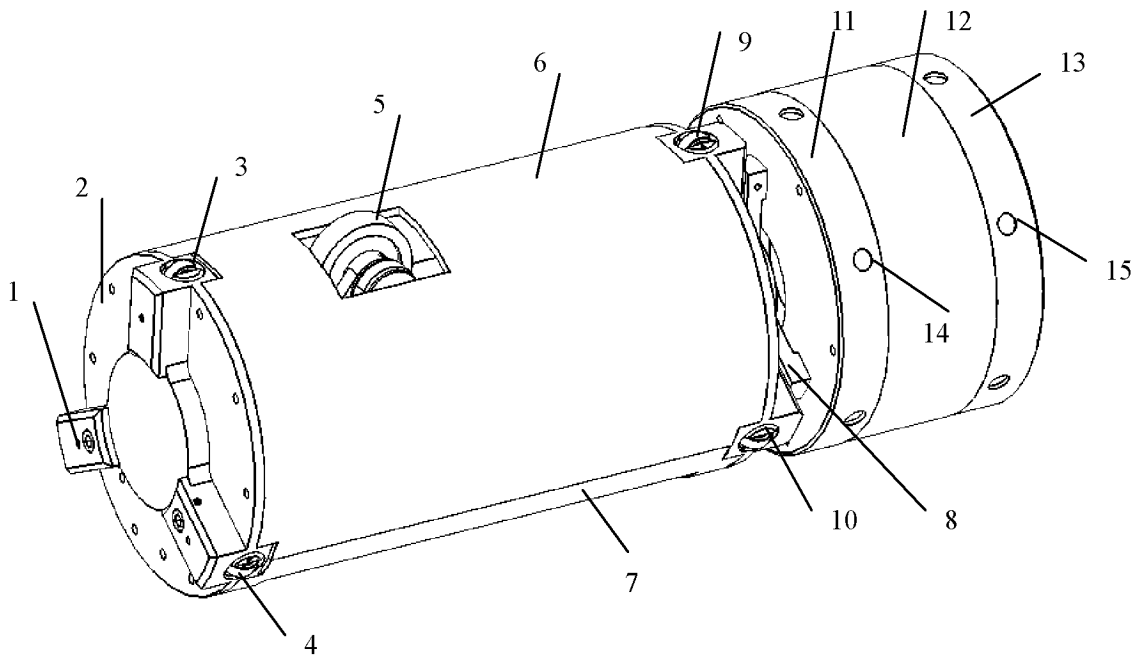


图 1

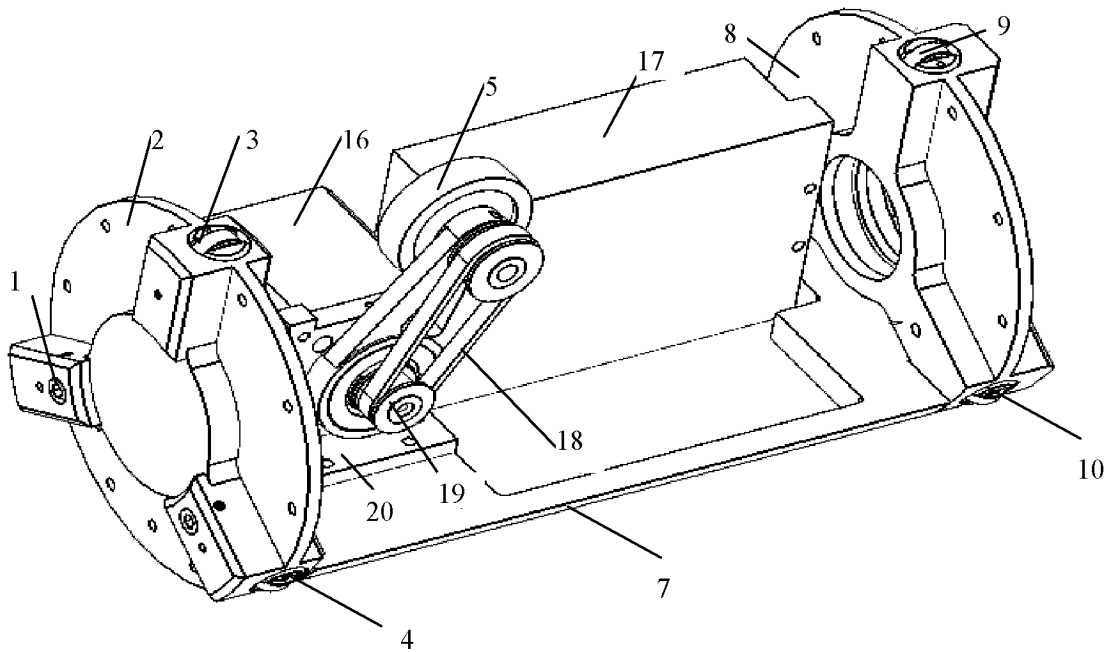


图 2

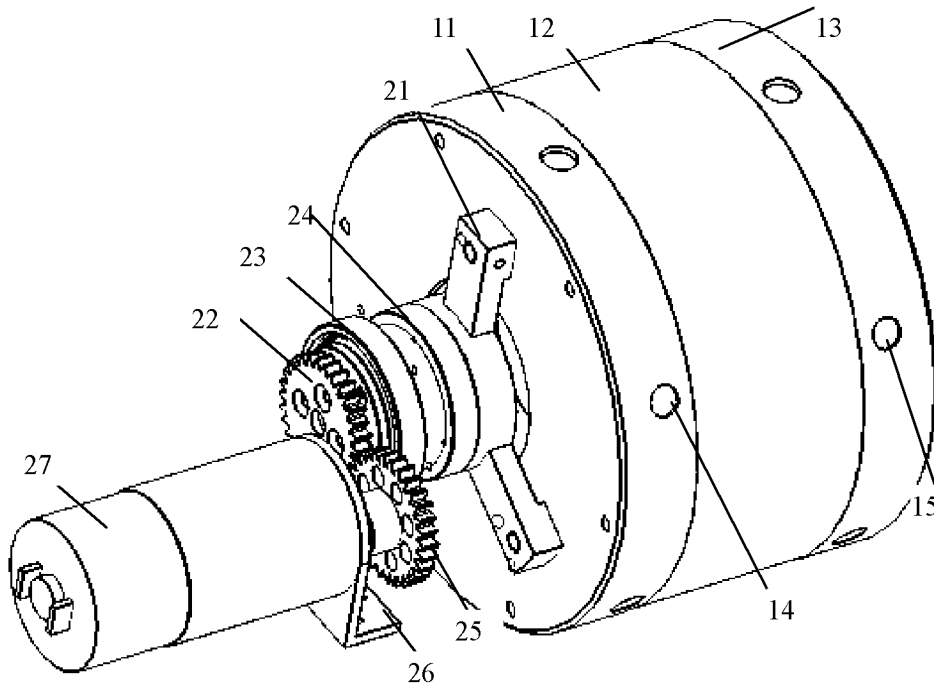


图 3

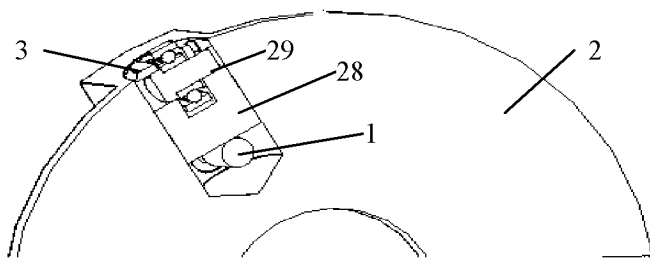


图 4

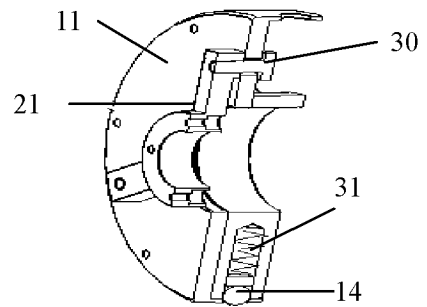


图 5

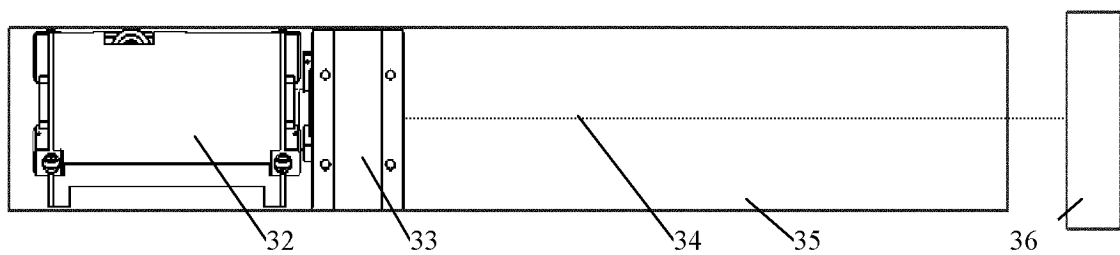


图 6

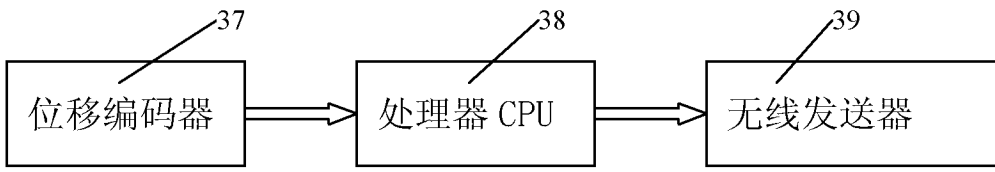


图 7

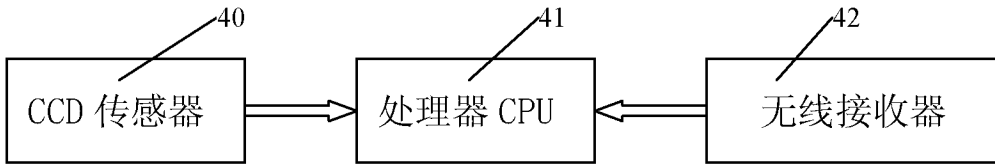


图 8